

Navegar contamina, también en Internet

Pero no todos los barcos son iguales

Hector O. Arriaga, Coral Calero, M^a Ángeles Moraga

Instituto de Tecnologías y Sistemas de Información, Universidad de Castilla-La Mancha,
Ciudad Real, España

{HectorOmar.arriaga | Coral.Calero | MariaAngeles.Moraga}
@uclm.es

Resumen. El software es una pieza fundamental en la sociedad actual. Sin embargo, tenemos que ser conscientes de que su uso impacta en el medioambiente. Relacionado con esta preocupación, desde hace unos años, se está investigando en el área del Software Sostenible que persigue que el Software esté alineado con los objetivos de desarrollo sostenible. Una de las dimensiones del Software Sostenible es el denominado Green Software, que aboga por el desarrollo de software que sea energéticamente eficiente. Este artículo se enmarca en esta línea de trabajo y presenta un estudio que hemos realizado para determinar qué combinación de navegador+buscador de internet es más eficiente desde el punto de vista energético. Para ello hemos medido el consumo de diferentes componentes hardware del ordenador en el que se ha llevado a cabo una búsqueda. Estas mediciones se han realizado con el instrumento de medición que hemos desarrollado. Como resultado hemos obtenido, para el escenario de prueba, que la combinación más eficiente es Firefox+Ecosia. El uso de esta combinación durante un minuto en vez de la más utilizada actualmente (Chrome+Google) permitiría, por ejemplo, recorrer más de 3900 km en un coche Tesla.

Palabras clave: Green software, Software sostenible, Navegadores web, Buscadores web, Eficiencia Energética.

1 Introducción

La llegada del año 2019 confirma el crecimiento del número de usuarios de internet (Figura 1). En el periodo comprendido entre enero de 2018 y enero de 2019, más de 360 millones de nuevos usuarios se conectaron por primera vez a internet, esto es aproximadamente un millón de nuevos usuarios cada día. De hecho, actualmente el 57% de la población mundial cuenta con acceso a internet y se estima que en 2019, el usuario medio de internet dedicará en torno a las 6,5 horas diarias haciendo uso del mismo ([10]). Es evidente, por tanto, el uso masivo de internet, que se hace a través de diferentes aplicaciones.

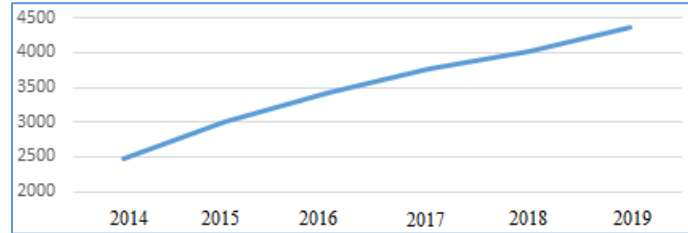


Figura 1.- Usuarios de internet (En millones) - Global 2019 report [10]

Sin duda, una de las aplicaciones más importantes con las que explotar los beneficios de internet son los navegadores web, que permiten buscar y visualizar la información disponible en la red. En el ranking Alexa [1] elaborado por Amazon, se incluyen todas las páginas de internet priorizadas en función del tráfico que cada web genera, en dicho ranking se puede ver cómo Google Chrome [2] está en primera posición tanto en España como a nivel global. Si analizamos las estadísticas de uso de los navegadores, en [9] aparece Google Chrome como el navegador más usado, con el 64.67% de los usuarios, muy por delante del segundo clasificado, Internet Explorer con el 9,83% (Figura 2).

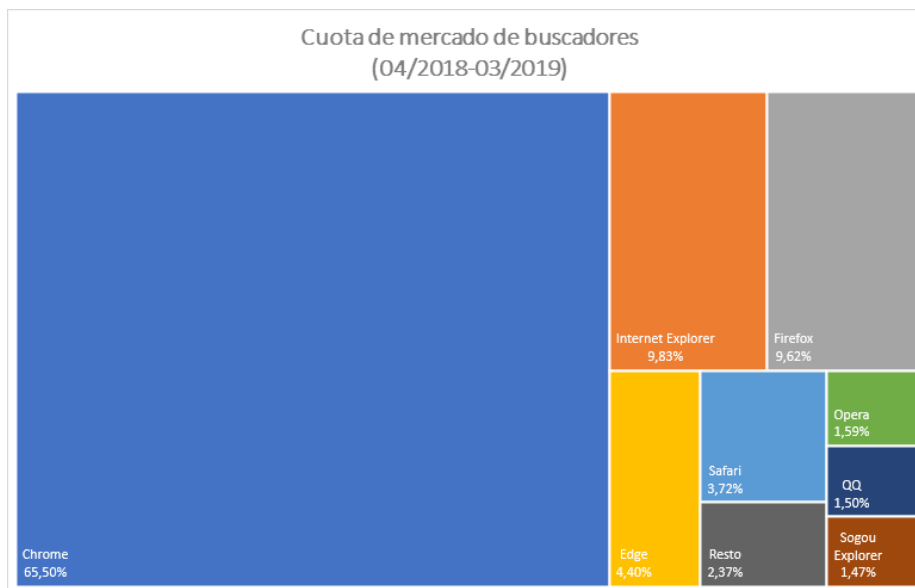


Figura 2.- Principales navegadores web usados (fuente: NetMarketShare, 2019)

Lo que resulta evidente es que, independientemente del navegador y del dispositivo desde el que se navegue, siempre es necesaria energía para poder ejecutarlo (ya sea electricidad directa de la red o batería que finalmente deberá también ser recargada a través de la red eléctrica). Y aunque un único uso de un navegador, hecho por un usuario, en un momento determinado, pueda requerir muy poco consumo de energía, la can-

tividad de usuarios unida a la cantidad de tareas que cada uno de ellos realiza en navegadores, hace que el consumo requerido se incremente de manera exponencial siendo causante de importantes emisiones al medioambiente.

Basados en esta preocupación, que es aplicable a cualquier software y no únicamente a navegadores, en los últimos años ha aparecido una nueva área de trabajo denominada Sostenibilidad Software, alineada con el concepto genérico de Sostenibilidad y definida como la capacidad del software para perdurar en el tiempo utilizando los recursos estrictamente necesarios [3].

En [4], se identifican tres dimensiones en la sostenibilidad software, en función de los recursos utilizados:

- Sostenibilidad humana: cómo el software afecta los aspectos sociológicos y psicológicos de las personas.
- Sostenibilidad económica: cómo el ciclo de vida del software protege las inversiones de los stakeholders.
- Sostenibilidad medioambiental: cómo el desarrollo, mantenimiento y uso de los productos software afecta al consumo de energía y otros recursos.

Este trabajo se encuadra en la tercera dimensión, conocida también como Green Software, la cual promueve una mejora de la eficiencia energética del software, minimizando su impacto medioambiental y pudiendo provocar un impacto positivo en las otras dos dimensiones.

Inspirados por la idea de proponer acciones concretas que favorezcan el uso responsable de la energía por parte de las aplicaciones software, en este artículo presentamos un estudio piloto inicial realizado para analizar el consumo energético de un proceso de búsqueda de una cadena de texto en internet, haciendo uso de dos de los navegadores más conocidos y utilizados, Google Chrome y Mozilla Firefox; así como de dos motores de búsqueda, uno tradicional (Google) y otro que se postula como respetuoso con el medioambiente (Ecosia). El objetivo final será conocer que combinación navegador-buscador es más respetuosa con el medioambiente.

La sección dos presenta la información general relativa a nuestro estudio y muestra y discute los resultados obtenidos. La tercera sección presenta las amenazas a la validez mientras que la última sección recoge nuestras conclusiones y trabajos futuros.

2 Estudio sobre consumo energético de búsquedas en Internet

2.1 Definición de escenario

Como ya se ha indicado, en este estudio hemos decidido trabajar con dos navegadores (Google Chrome y Firefox) y dos motores de búsqueda (Google y Ecosia).

Los buscadores han sido seleccionados por estar en el top 5 de los buscadores más usados según [9], Google Chrome con un 65,5% de cuota de usuarios y Mozilla Firefox con un 9,62 %.

En cuanto a la elección de los motores de búsqueda, escogimos en primer lugar al motor que es el líder no sólo del sector de los motores de búsqueda, sino de la totalidad de internet según los datos del ranking Alexa [1]. En oposición al número de usuarios,

en segundo lugar optamos por la elección de un buscador postulado como respetuoso con el medio ambiente: www.ecosia.org. Ecosia dona aproximadamente el 80% de los ingresos que percibe a diferentes organizaciones sin ánimo de lucro de todo el mundo que utilizan dichos fondos para plantar árboles. De hecho, uno de los objetivos de Ecosia es haber contribuido para plantar mil millones de árboles antes del 2020 [5].

La combinación de todos ellos nos ha permitido definir, por tanto, cuatro escenarios de pruebas (ver Figura 3).

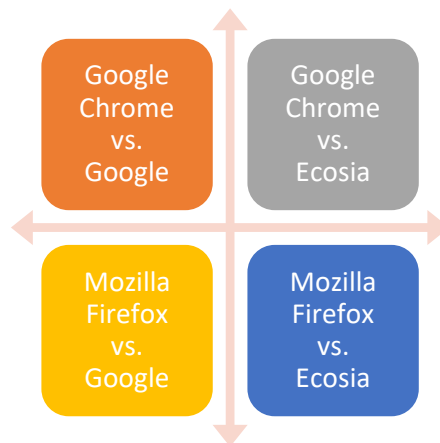


Figura 3.- Escenarios definidos en el estudio

2.2 EET: el dispositivo de medición

Para poder realizar las mediciones de consumo de cada uno de los escenarios utilizamos EET [7] que forma parte del marco FEETINGS [8]. EET es un dispositivo hardware que permite medir el consumo de energía de una serie de componentes hardware cuando una aplicación software se está ejecutando.

La principal novedad de EET respecto a otras iniciativas relacionadas con el consumo del software es que EET no realiza estimaciones sino que realiza mediciones, a través de sensores de la potencia requerida por diferentes componentes hardware mientras un software está en ejecución. Particularmente, EET admite la medición de las potencias requeridas por procesador, disco duro y tarjeta gráfica. También incluye dos sensores que proporcionan tanto la potencia requerida por el PC completo como el gasto energético del monitor conectado al equipo en el que se está ejecutando el software que se está evaluando (DUT, Device Under Test).

Una vez realizadas las mediciones, se almacenan en una memoria extraíble, para poder ser analizadas. EET es portátil y fácil de conectar a un ordenador que queramos que funcione como DUT.

En el caso de nuestro experimento, las características del DUT fueron: placa base ASUS M2N-SLI un procesador AMD Athlon™ 64 X2 Dual Core Processor 5600+ a

2,81GHz, 4 GB de memoria RAM DDR2 y Windows 10 enterprise, un sistema operativo de 64 bits. El monitor utilizado fue un LCD monitor Philips 170S6FS.

2.3 Definición del estudio piloto

Una vez definidos los escenarios y preparado el DUT, procedimos a la definición del caso a ejecutar en cada uno de los cuatro escenarios. El estudio piloto planteado consiste en un proceso de búsqueda, definido de la siguiente manera:

1. Abrir el navegador del escenario correspondiente (previamente configurado de manera que la página de inicio sea el motor de búsqueda de dicho escenario)
2. Introducir la cadena de texto “Comprar artículo en Amazon”
3. Navegar por la web del buscador hasta encontrar el producto buscado (el mismo en todos los escenarios)
4. Seleccionar el resultado útil
5. Cerrar navegador

Se trata por tanto de medir, no la búsqueda del resultado buscado en sí sino todo el proceso de búsqueda, desde que se abre hasta que se cierra el navegador.

Con el objetivo de asegurarnos de que la medición que estamos realizando es correcta y comprobar que no ha sucedido nada en paralelo, como por ejemplo, que mientras medíamos haya comenzado a realizarse alguna actualización de software, o que se haya desconectado algún sensor, el estudio piloto se repitió cinco veces para cada escenario. Esto permite que, en caso de detectar algún outlier, la medición pueda repetirse ejecutando de nuevo el estudio piloto, hasta conseguir cinco mediciones válidas. En el caso del presente estudio piloto no fue necesario repetir ninguna medición.

A partir de esos cinco conjuntos de datos finales válidos, se obtienen las medias de energía requerida por cada elemento hardware en cada escenario. Este nuevo conjunto de datos es el que analizamos para obtener nuestras conclusiones.

2.4 Resultados

La tabla 1 muestra los resultados obtenidos, para cada elemento hardware en cada escenario y en cada una de las cinco pruebas realizadas. El tiempo se presenta en milisegundos y la potencia en Watios. Además, en color rojo y verde se resaltan los mejores y peores resultados tanto de cada elemento hardware como del tiempo. Como puede verse, la combinación que más tiempo requiere es Firefox+Ecosia que también da los peores resultados en disco duro y gráfica aunque da los mejores en procesador y en el global. Por su parte la combinación Google Chrome+Google es la que menos tiempo requiere para realizar un proceso de búsqueda aunque es la que da peores resultados para las necesidades de procesador y la global. La combinación Google+Ecosia consigue los mejores resultados en disco duro y gráfica. La última combinación (Firefox+Google) queda en un término medio por lo que, ya desde este primer análisis, no parece ser la combinación más adecuada para realizar búsquedas.

| Google Chrome + Ecosia.org | | | | | |
|----------------------------|--------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Prueba | Tiempo | Promedio HDD | Prom Graf | Prom Proces | Prom Global |
| Prueba 1 | 32928 | 17,04918298 | 1,180207636 | 6,207442976 | 175,5376761 |
| Prueba 2 | 33276 | 17,02840074 | 1,184563742 | 6,298357109 | 186,0017945 |
| Prueba 3 | 33622 | 17,05596378 | 1,191799115 | 6,357401461 | 180,5379634 |
| Prueba 4 | 34914 | 17,05690511 | 1,204600078 | 5,557400886 | 165,1944324 |
| Prueba 5 | 32210 | 17,05314723 | 1,184576814 | 6,358080684 | 186,1347013 |
| Promedio | 33390 | 17,04871997 | 1,189149477 | 6,155736623 | 178,6813135 |

| Mozilla Firefox + Ecosia.org | | | | | |
|------------------------------|--------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Prueba | Tiempo | Promedio HDD | Prom Graf | Prom Proces | Prom Global |
| Prueba 1 | 33685 | 17,11918927 | 1,581579282 | 5,169437624 | 172,3493433 |
| Prueba 2 | 32413 | 17,10070293 | 1,869400189 | 5,119132754 | 170,8165352 |
| Prueba 3 | 33943 | 17,09184154 | 1,580139232 | 5,173126872 | 170,1206143 |
| Prueba 4 | 32323 | 17,12426436 | 1,541552075 | 5,247168669 | 173,8841692 |
| Prueba 5 | 35355 | 17,12231958 | 1,641138181 | 4,990581525 | 165,4869718 |
| Promedio | 33544 | 17,11166353 | 1,642761792 | 5,139889489 | 170,5315268 |

| Google Chrome + Google.com | | | | | |
|----------------------------|--------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Prueba | Tiempo | Promedio HDD | Prom Graf | Prom Proces | Prom Global |
| Prueba 1 | 32347 | 17,09505357 | 1,163976798 | 6,232029199 | 180,7351563 |
| Prueba 2 | 34404 | 17,08557864 | 1,209397165 | 6,225942963 | 183,6737049 |
| Prueba 3 | 33530 | 17,15449404 | 1,320033477 | 6,336462705 | 195,4954286 |
| Prueba 4 | 31593 | 17,05823227 | 1,332591864 | 6,187337235 | 200,9484138 |
| Prueba 5 | 34659 | 17,12371376 | 1,307284206 | 6,271681342 | 222,5237931 |
| Promedio | 33307 | 17,10341446 | 1,266656702 | 6,250690689 | 196,6752993 |

| Mozilla Firefox + Google.com | | | | | |
|------------------------------|--------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| Prueba | Tiempo | Promedio HDD | Prom Graf | Prom Proces | Prom Global |
| Prueba 1 | 33617 | 17,04055266 | 1,330359914 | 5,546113827 | 177,4884328 |
| Prueba 2 | 32615 | 17,08467768 | 1,316737771 | 5,47546161 | 174,7657361 |
| Prueba 3 | 35534 | 16,9856868 | 1,298530997 | 5,21304282 | 169,4042958 |
| Prueba 4 | 36753 | 17,08843633 | 1,293665194 | 5,338364748 | 172,2042703 |
| Prueba 5 | 29044 | 17,09900829 | 1,301794004 | 5,669196466 | 179,8364746 |
| Promedio | 33513 | 17,05967235 | 1,308217576 | 5,448435894 | 174,7398419 |

Tabla 1 - Resultados obtenidos en cada escenario para cada una de las 5 mediciones

La Tabla 2 muestra las medias obtenidas para cada uno de los componentes hardware en cada uno de los escenarios. Como podemos observar, las diferencias entre las potencias requeridas por el disco duro, con una variación máxima de 0,062943563W, entre el mejor y el peor escenario es poco significativa por lo que no parece que la elección de alguna de las combinaciones estudiadas vaya a tener un impacto significativo en el consumo requerido para realizar una búsqueda.

| Escenario | Tiempo | Media HDD | Media Gráfica | Media Procesador | Media Global |
|----------------|--------|-------------|---------------|------------------|--------------|
| Chrome+Ecosia | 33390 | 17,04871997 | 1,189149477 | 6,155736623 | 178,6813135 |
| Chrome+Google | 33307 | 17,10341446 | 1,266656702 | 6,250690689 | 196,6752993 |
| Firefox+Ecosia | 33544 | 17,11166353 | 1,642761792 | 5,139889489 | 170,5315268 |
| Firefox+Google | 33513 | 17,05967235 | 1,308217576 | 5,448435894 | 174,7398419 |

Tabla 2 – Consumo medio en cada escenario

Sin embargo, las diferencias son mayores respecto a la tarjeta gráfica (con una diferencia máxima de 0,453612315W), al procesador (1,1108012W) y a la potencia general (26,14377256W) requerida por el software en ejecución. Las figuras 4, 5 y 6 muestran estos valores gráficamente.

Como puede observarse, el escenario más demandante tanto por parte del procesador como del global, corresponde a la combinación Google Chrome+Google mientras que el que menos potencia ha requerido ha sido Firefox+Ecosia. Por su parte, el escenario mejor en cuanto a exigencias de la tarjeta gráfica es Chrome+Ecosia y el peor Firefox+Ecosia.

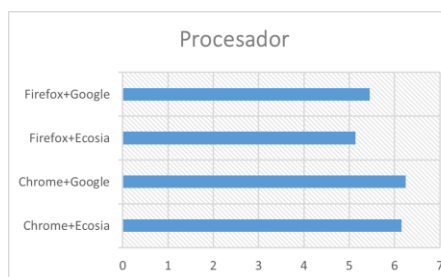


Figura 4 - Potencia utilizada por el procesador en cada escenario

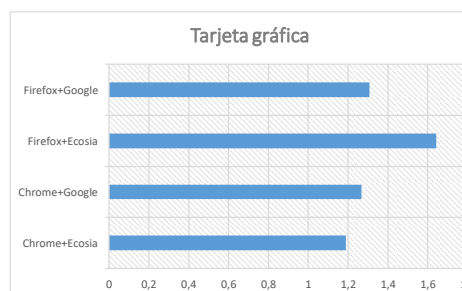


Figura 5 - Potencia utilizada por la tarjeta gráfica en cada escenario

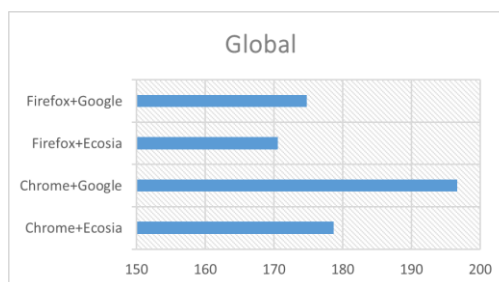


Figura 6 - Potencia total consumida en cada escenario

Los valores mostrados hasta ahora son los devueltos por las sondas en cada escenario por lo que su comparativa nos da una idea en cuanto a la energía consumida por dichas sondas en cada escenario.

Sin embargo, para poder realizar una comparativa absoluta, es necesario añadir a la ecuación el tiempo que cada escenario ha requerido para la ejecución del caso. Esto nos permitirá obtener los valores de consumo, más allá de la potencia relativa requerida por cada elemento hardware (el consumo eléctrico es la cantidad de energía demandada por un determinado software durante un plazo de tiempo determinado).

La Figura 7 y la tabla 3 muestran los resultados de consumo para nuestros escenarios.

| Escenario | Consumo HDD | Consumo Gráfica | Consumo Procesador | Consumo Global |
|----------------|-------------|-----------------|--------------------|----------------|
| Chrome+Ecosia | 569256,7598 | 39705,70103 | 205540,0458 | 5966169,059 |
| Chrome+Google | 569657,4711 | 42188,09381 | 208189,5787 | 6550595,725 |
| Firefox+Ecosia | 573988,5369 | 55104,31149 | 172410,9197 | 5720258,662 |
| Firefox+Google | 571714,2283 | 43841,79172 | 182591,3334 | 5855989,014 |

Tabla 3 - Consumo de cada escenario

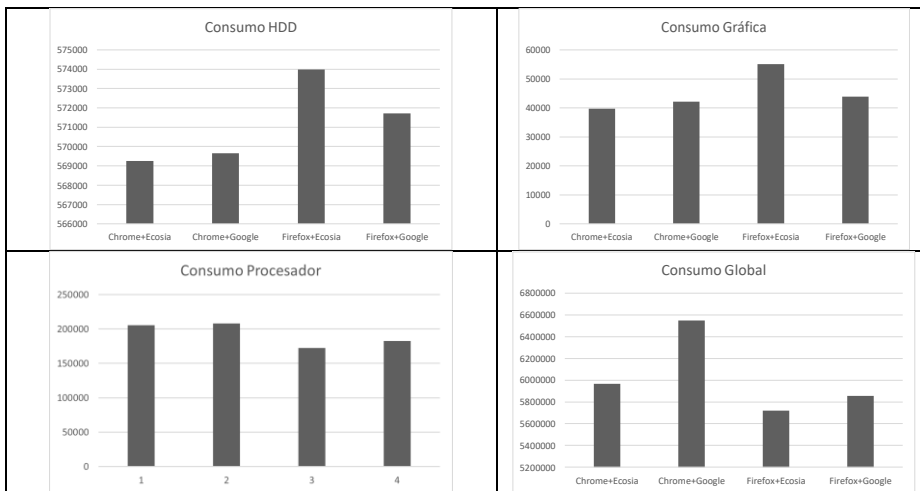


Figura 7- Consumo en cada escenario

Como puede observarse, hay dos patrones de consumo:

- En lo relativo a consumo de disco duro y gráfica, el mejor escenario es Chrome+Ecosia y el peor es Firefox+Ecosia
- En lo relativo al consumo de procesador y consumo global, el mejor escenario es Firefox+Ecosia y el peor Chrome+Google.

Sin embargo, como ya hemos comentado anteriormente, las diferencias en los consumos de disco duro y de procesador son muy pequeños de un escenario a otro (por debajo del medio watio cuando hablamos de potencia). Por tanto, al no haber una combinación que de mejor resultado para todos los componentes medidos, hemos de elegir aquella que tenga una respuesta más óptima.

Sin lugar a dudas, esa combinación es Firefox+Ecosia, que es la que menos consumo requiere de procesador y la global aunque de los otros dos componentes sea la que más consume, ya que las diferencias con las otras es muy baja. Se da además la circunstancia de que esta es la combinación que más tiempo requirió para la ejecución del caso de prueba. Sin embargo, creemos que, de manera global, es la que mejor se comporta desde el punto de vista de la eficiencia energética.

En cuanto a la peor combinación debemos señalar la de Chrome+Google porque precisamente en los componentes con mayores diferencias de consumo es dónde peor se comporta este escenario (Procesador y Global).

Es evidente que estos datos son tan sólo una primera aproximación y que debemos dar estas conclusiones como temporales aunque creemos que son un buen punto de partida. Es necesario repetir el estudio añadiendo más mediciones de estos cuatro escenarios pero también incluyendo nuevos casos de búsqueda y nuevos escenarios mediante la incorporación de nuevos navegadores y buscadores. El resultado final será una lista priorizada por consumo de aquellos navegadores y buscadores que son más respetuosos con el medioambiente cuando se ejecutan búsquedas en ellos.

2.5 Relativizando los resultados obtenidos

Viendo los resultados obtenidos observamos que las diferencias obtenidas entre la que hemos elegido como combinación mejor (Firefox+Ecosia) y la peor (Chrome+Google) no parecen ser demasiado grandes. Sin embargo, es necesario ser conscientes de lo que significan estos datos.

Si nos fijamos únicamente en los datos del consumo global, obtenemos que el consumo de una búsqueda con la combinación que hemos señalado como ganadora requiere 0,001588961 Kwh mientras que si la realizamos en la combinación menos eficiente se necesitan 0,00181961 Kwh.

Esto significa que una búsqueda en la opción menos eficiente únicamente requiere 0,000230649 Kwh más que en la opción más eficiente. ¿Es esta diferencia realmente significativa?

Para responder a esta pregunta vamos a considerar todas que todas las búsquedas que se hacen en un minuto en Google. Según [6], en 2018, en un minuto se realizaron 3,7 millones de búsquedas. Suponiendo que todas ellas se realizaron en Chrome (lo cual no es mucho aventurar teniendo en cuenta la cuota de mercado de este navegador), si consideramos que ahora todas ellas se hicieran en nuestra combinación ganadora Firefox+Ecosia, esto significaría un ahorro de 853,4 Kwh cada minuto de búsquedas.

Este ahorro nos permitiría, por ejemplo, recorrer más de 3900 km en un coche Tesla (que consume 21,7Kwh cada 100 km).

O si las búsquedas se realizaran en esa combinación durante un mes, el ahorro equivalente nos permitiría dar luz a más de 10500 hogares de tres personas (cuyo consumo medio en España está en torno a los 3500 Kwh).

Como puede verse, pequeños ahorros tienen un impacto real muy alto. Y esto se debe a la gran cantidad de usuarios que tienen las aplicaciones software en general y los navegadores y buscadores en particular.

Por eso consideramos de gran importancia concienciar del efecto que el masivo uso del software tiene en las emisiones de CO2.

Finalmente cabe destacar que estos resultados son relativos al escenario de prueba y que, por tanto, será necesario seguir investigando para poder extrapolarlos.

3 Amenazas a la validez

Los resultados que se presentan en este artículo deben considerarse como una primera aproximación. En esta sección planteamos algunos aspectos a tener en cuenta para comprender si los resultados son válidos.

Teniendo en cuenta la clasificación de las amenazas presentada en [11], se distinguen las siguientes amenazas:

- Amenazas a la validez de la construcción: la amenaza fundamental hace referencia a si las medidas obtenidas son correctas. Teniendo en cuenta que el instrumento de medición EET ya ha sido previamente validado y utilizado para realizar mediciones en otros contextos, se considera que esta amenaza está superada.
- Amenazas a la validez interna: hace referencia a la configuración del DUT que ha sido utilizado para realizar las búsquedas. En este punto cabe destacar que, aunque somos conscientes de que los resultados de las mediciones serían distintos, si las mediciones se realizan utilizando un DUT con una configuración diferente, creemos que la comparativa entre el consumo de las distintas combinaciones navegadores+buscadores sería la misma. También es posible que el Sistema Operativo influya en el resultado, por ello, como trabajo futuro está previsto realizar estas mismas mediciones utilizando distintos Sistemas Operativos y así comprobar si influye en el resultado o no.
- Amenazas a la validez externa: Como instrumento de medición se ha utilizado EET. Gracias a esta herramienta somos capaces de tener mediciones exactas del consumo, lo que nos diferencia de otros estudios en los que en lugar de realizar mediciones, estiman el consumo. Como se indicó anteriormente el instrumento de medición ya ha sido validado previamente y, por tanto, consideramos que los resultados obtenidos son correctos.

4 Conclusiones y trabajo futuro

La sostenibilidad software es un tema que ha aparecido hace relativamente poco y que se preocupa de la relación entre el software y el desarrollo sostenible. Una de las dimensiones de la sostenibilidad es la denominada Green Software que trabaja con la eficiencia energética del software. En este trabajo hemos presentado un estudio que

hemos hecho dentro de esta línea de trabajo y que pretende averiguar que combinación de navegador+buscador es más beneficiosa con el medioambiente. Para ello hemos trabajado con cuatro escenarios resultantes de combinar los navegadores Google Chrome y Firefox, con dos buscadores: Google y Ecosia.

Como resultado hemos obtenido que parece que la combinación Firefox+Ecosia es la que es más eficiente desde el punto de vista energético y que la peor combinación es Chrome+Google.

Es evidente que estos datos son tan sólo una primera aproximación. Como se indicó en la sección 2.4 para reforzar las conclusiones se deberán realizar más mediciones, modificando las cadenas de búsqueda e incorporando nuevos navegadores y buscadores. También está previsto realizar todas estas mediciones utilizando distintos Sistemas Operativos para ver si existen variaciones. Además, al aumentar el número de resultados será posible realizar un análisis más robusto de los datos y formular hipótesis para ser contrastadas. Otra línea a investigar es el consumo de los navegadores y buscadores en Smartphones. Para ello será necesario determinar cómo realizar las mediciones en estos dispositivos utilizando EET o desarrollando una nueva versión de EET para móviles. Finalmente, se deberán comparar los resultados para comprobar si existen diferencias significativas en función de si la búsqueda se realiza en un PC o en un smartphone. Para cada caso se indicarán cuáles son las combinaciones navegadores y buscadores que son más respetuosos con el medioambiente. Estos trabajos se alinean con la estrategia divulgativa y de concienciación del impacto que el software tiene en el medioambiente que tenemos abierta de manera complementaria al estudio de buenas prácticas en Ingeniería del Software para el desarrollo de software energéticamente eficiente.

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de los proyectos GINSENG-UCLM (TIN2015-70259-C2-1-R) financiado con el apoyo del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (MINECO) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER); y el proyecto SOFTWARE SUSTAINABILITY (SOS- SBPLY/17/180501/000364) financiado por la Consejería de Educación, Cultura y Deportes de la Dirección General de Universidades, Investigación e Innovación de la JCCM.

Referencias

- [1]. Alexa. Find Website Traffic, Statistics and Analytics <https://www.alexa.com/siteinfo> Accedido: Marzo 2019.
- [2]. Alexa. Google.com Traffic Statistics <https://www.alexa.com/siteinfo/google.com> Accedido: Marzo 2019.
- [3]. Calero, C., García-Rodríguez De Guzmán, I., Moraga, M., and García, F., Is software sustainability considered in the CSR of software industry?

- International Journal of Sustainable Development & World Ecology (<https://doi.org/10.1080/13504509.2019.1590746>) (2019)
- [4]. Calero, C. and Piattini, M., Puzzling out Software Sustainability. *Sustainable Computing Journal*. 16(December 2017): 117-124 (2017)
- [5]. Ecosia. Where do Ecosia's search results come from? <http://ecosia.zendesk.com/hc/en-us/articles/206153381-Where-do-Ecosia-s-search-results-come-from> Accedido: Marzo 2019.
- [6]. Lewis, L. 2018 Update: What Happens In An Internet Minute <https://www.allaccess.com/merge/archive/28030/2018-update-what-happens-in-an-internet-minute#sthash.IKyITou1.uxfs> Accedido: Abril 2019.
- [7]. Mancebo, J., Arriaga, H.O., García, F., Moraga, M., García-Rodríguez De Guzmán, I., and Calero, C. EET: a device to support the measurement of software consumption. In: *Proceedings of the 6th International Workshop on Green and Sustainable Software* pp. 16–22. (2018)
- [8]. Mancebo, J., García, F., Calero, C., Garcia-Berna, J.A., Fernandez Aleman, J.L., Toval, A., and », e.J., Sevilla. FEETINGS: Un Marco para la Sostenibilidad del Software. In: *XXIII Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos (JISBD 2018)*. Handle: 11705/JISBD/2018/058. (2018)
- [9]. NetMarketShare. Browser Market Share <https://www.netmarketshare.com/browser-market-share>. Accedido: Abril-2019.
- [10]. We Are Social. Global Digital Report 2019. <https://wearesocial.com/global-digital-report-2019>. Accedido: Marzo 2019.
- [11]. Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M.C., Regnell, B., and Wesslén, A., *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media. (2012).